

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-265983

(43)公開日 平成5年(1993)10月15日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 6 F 15/16

識別記号

4 7 0 B 9190-5L

4 6 0 D 9190-5L

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 17 頁)

(21)出願番号 特願平4-64045

(22)出願日 平成4年(1992)3月19日

(71)出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂三丁目3番5号

(72)発明者 今田 正卓

神奈川県海老名市本郷2274番地富士ゼロックス株式会社海老名事業所内

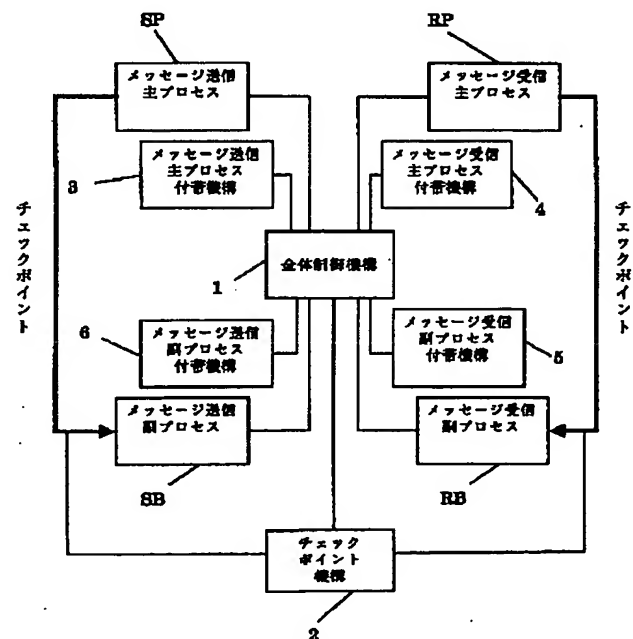
(74)代理人 弁理士 小堀 益

(54)【発明の名称】 耐故障機構を有する情報処理装置

(57)【要約】

【目的】 情報処理装置においてアプリケーションプロセスに障害が発生したときのプロセス回復機能を簡単な構成で実現する。

【構成】 メッセージ送信主プロセスSPからのメッセージをメッセージ受信主プロセスRPの他にメッセージ受信副プロセスRB及びメッセージ送信副プロセスSBにも送信し、障害発生時には副プロセスで処理を継続することによりプロセスの回復を行う情報処理装置において、送信メッセージに一連番号を付し、受信側では受信されたメッセージに付された一連番号の連続を確認し欠落がある場合には再送を要求する。



BEST AVAILABLE COPY

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 アプリケーションプロセスを実行する主プロセッサと、前記アプリケーションプロセスを複製して、そのアプリケーションプロセスの動作する主プロセッサの障害時に、主プロセッサの代わりに動作する副プロセッサを有する耐故障機構を有する情報処理装置において、

前記主プロセッサから送信されるメッセージに一連の番号を付ける一連番号付加手段を設けるとともに、受信されたメッセージの一連番号の連続性を検出する手段を設けたことを特徴とする耐故障機構を有する情報処理装置。

【請求項2】 外部処理装置に対して接続される主演算系と副演算系とを有し、主演算系の故障時には副演算系に演算処理を切り替えることにより処理を継続する情報処理装置において、

前記主演算系から前記外部処理装置への出力と前記副演算系から前記外部処理装置への出力とを比較することにより演算系の異常検出を行う手段と、該異常検出を行う手段の出力によって制御され、通常動作時には前記主演算系から前記外部処理装置への出力を行い、前記副演算系から前記外部処理装置への出力を抑止し、異常検出時には前記副演算系から前記外部処理装置への出力を行い、前記主演算系から前記外部処理装置への出力を抑止する切り替え手段を設けたことを特徴とする耐故障機構を有する情報処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、障害が発生した場合でも処理の継続を行うことができる耐故障機構を有する情報処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 情報処理装置の信頼性を高めることを目的として、種々の耐故障機構が提案されている。

【0003】 耐故障機構の一つとして、「プロセスペアバックアップ」と呼ばれる手法を採用したものがある。これは、本来動作すべきプロセス、すなわちプライマリプロセス（本明細書においては主プロセスと称する）の他に、主プロセスの複製、すなわちバックアッププロセス（本明細書においては副プロセスと称する）をあらかじめ生成しておき、主プロセスに障害が発生した際に副プロセスを参照することにより、その影響をシステム内部に留め、処理の継続を図るものである。この「プロセスペアバックアップ」と呼ばれる手法については、たとえば、Fault-Tolerant Computing Based on Mach、"Ozalp Babaoglu, ACM/Operating Systems Review (Vol. 24, No. 1), Jan. 1990に開示されている。

【0004】 この「プロセスペアバックアップ」におい

2

ては、通常、主プロセスが処理を進めていき、周期的に主プロセスの状態が副プロセスにセーブされ、この時、主プロセスと副プロセスの状態が一致される。なお、主プロセスの状態をセーブする時点をチェックポイントと呼ぶ。チェックポイントとチェックポイントの間では、主プロセスが行なった大域的資源への操作を、副プロセスにログとして記録しておくことにより、主プロセスに障害が発生した際、副プロセスがログを元に処理を進めていくことで、障害を起こす直前の主プロセスの状態まで回復を図り、主プロセスの代替として処理を引き継ぐ。この状態回復はロールバックと呼ばれる。

【0005】 たとえば、メッセージ通信に基づく計算機装置のオペレーティングシステム（たとえば、カーネギメロン大学のMachオペレーティングシステムなど）においては、プロセス間のメッセージの受渡しにより処理が進められていくので、チェックポイント間でメッセージをログに残すこととなる。また、このようなシステムでの、「プロセスペアバックアップ」による耐故障機構では、メッセージを送信するプロセスにも、メッセージを受信するプロセスにも、副プロセスが生成されることになる。

【0006】 上述の「プロセスペアバックアップ」においては、図14に示すように、通常時、メッセージ送信主プロセスSPが、メッセージmを送信すると、メッセージmは、メッセージ受信主プロセスRPに送られると同時に、メッセージ受信副プロセスRBと、メッセージ送信副プロセスSBへも送られる。このように三つのプロセスに対してメッセージmを送信することを3ウェイマルチキャストと称する。

【0007】 上記各プロセスについて説明する。

【0008】 メッセージ受信主プロセスRPでは、当該メッセージmは普通に処理される。メッセージ受信副プロセスRBでは、当該メッセージmは、メッセージ受信プロセスのロールバックに備え、キューに保存される。メッセージ受信主プロセスRPが障害を起こした際は、キューに保存されたメッセージmを順次受信メッセージとして処理を進めることで、他のプロセスとのコミュニケーションなしに、障害を起こす直前のメッセージ受信主プロセスの状態まで回復することができる。

【0009】 メッセージ送信副プロセスSBでは、当該メッセージm自体は捨てられるが、前回のチェックポイントからのメッセージ送信回数が計数される。メッセージ送信主プロセスSPが障害を起こし、メッセージ送信プロセスのロールバックが行なわれる際、このメッセージ送信回数分だけメッセージの送信を抑えることで、他のプロセスへの影響を引き起こさずに、障害を起こす直前のメッセージ送信主プロセスの状態まで回復することができる。

【0010】 上述の「プロセスペアバックアップ」においては、メッセージ送信主プロセスSPがメッセージを

送信する際には、メッセージ受信主プロセスRPと、メッセージ受信副プロセスRBと、メッセージ送信副プロセスSBとが使用される。これらのプロセスRP、RB、SBへメッセージを送信する機構においては、メッセージを受けとるべきこれら3つのデスティネーションプロセスで、アトミック性(atomicity)が要求される。このアトミック性とは、3つのプロセス全てでメッセージが受けとられるか、どのプロセスでもメッセージが受けとられないかのいずれかでなければならないという性質を意味しており、これは状態の一貫性を維持するための条件の一つである。

【0011】上述のアトミック3ウェイマルチキャストを実現するには、ビザンチン合意(Byzantine agreement)問題と呼ばれる検出時間の遅延を解決するために、高価な高速ブロードキャストネットワークか、複雑なブロードキャストプロトコルを必要とするという問題があった。なお、ビザンチン合意問題については、たとえば、南谷、「並列処理におけるフォールトトレランス技術」、情報処理、Vol. 27, No. 9, Sep., 1986, p. 1039-1048に記載がある。

【0012】また、他の耐故障機構として、「演算装置の多重化」の手法を採用したものがある。たとえば、特開平1-124033号公報、特開平1-124034号公報等参照。これは、本来動作すべき演算処理装置

(主演算処理装置)の他に主演算処理装置と同一の演算処理装置(予備演算処理装置)を予め用意しておき、主演算処理装置に障害が発生した際は、予備演算処理装置がその処理を引き継ぐことにより、障害の影響をシステム内部に留め、処理の継続を図るものである。

【0013】この「演算装置の多重化」の手法を用いて、予備演算処理装置のホットスタンバイ(障害発生時に主演算処理装置から予備演算処理装置への切り換えをリアルタイムで行うこと)を行なうためには、主演算処理装置の動作を、予備演算処理装置においても逐次行なう必要がある。この際、外部処理装置との相互作用に関して、主演算処理装置と予備演算処理装置の各々が操作を行なうと、処理の順序によって、外部処理装置から得られる結果が変わったり、その影響で、外部処理装置に与える内容が変化したりする。これを抑えるため、主演算処理装置と予備演算処理装置のいずれか一方の外部処理装置への操作のみを実際に行ない、もう一方の操作は実際には行なわないようにする高価な同期機構を必要としていた。すなわち、上記公報に記載の装置においては、一定時間の遅延を行う入出力遅延装置を必要とするため、機構が複雑化し装置のコストが高くなっていた。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、上述の従来例の問題点を解決し、簡単な構成により耐故障機構を有する情報処理装置を実現することにある。

【0015】第1の発明の目的は、プロセスペアバックアップ手法を採用した耐故障機構を有する情報処理装置において、メッセージのアトミック性を簡単な構成で維持できるようにすることである。

【0016】更に、第2の発明の目的は、演算処理多重化を行った耐故障機構を有する情報処理装置において、主演算処理装置と副演算処理装置の間で実行の同期を容易に行えるようにすることである。

【0017】

10 【課題を解決するための手段】第1の発明は、アプリケーションプロセスを実行する主プロセッサと、前記アプリケーションプロセスを複製して、そのアプリケーションプロセスの動作する主プロセッサの障害時に、主プロセッサの代わりに動作する副プロセッサを有する耐故障機構を有する情報処理装置において、前記主プロセッサから送信されるメッセージに一連の番号を付ける一連番号付加手段を設けるとともに、受信されたメッセージの一連番号の連続性を検出する手段を設けたことを特徴とする。

20 【0018】また、第2の発明は、外部処理装置に対して接続される主演算系と副演算系とを有し、主演算系の故障時には副演算系に演算処理を切り替えることにより処理を継続する情報処理装置において、前記主演算系から前記外部処理装置への出力と前記副演算系から前記外部処理装置への出力とを比較することにより演算系の異常検出を行う手段と、該異常検出を行う手段の出力によって制御され、通常動作時には前記主演算系から前記外部処理装置への出力を行い、前記副演算系から前記外部処理装置への出力を抑止し、異常検出時には前記副演算系から前記外部処理装置への出力を行い、前記主演算系から前記外部処理装置への出力を抑止する切り替え手段を設けたことを特徴とする。

【0019】

【作用】第1の発明においては、主プロセッサから他のプロセッサにメッセージが送信される際にメッセージに一連番号が付される。メッセージを受信した側ではメッセージに付されている一連番号を保存してその連続性を検出することにより、送信されたメッセージが欠落することなく受信できたか否かが判る。受信した一連番号が不連続であるときはメッセージが欠落したことを意味するので、欠落したメッセージの再送を主プロセッサに依頼する。再送されたメッセージを保存することにより完全な状態でメッセージが受信できる。したがって、複数の箇所でメッセージを受信するような場合でも、各箇所でメッセージの内容の同一性が保証される。

【0020】また、第2の発明においては、主演算系から外部処理装置への出力と副演算系から外部処理装置への出力とが比較される。両出力が不一致であるときは、何れかの演算系が故障ということなので、各演算系において自己診断が行われ、たとえば、主演算系が故障であ

5

った場合には、主演算系から外部処理装置への出力が抑止され、今度は副演算系から外部処理装置への出力が行われる。これにより、演算が継続して行われることになる。

【0021】

【実施例】以下、図面を参照しながら、実施例により本発明の特徴を具体的に説明する。

【0022】図1は、第1の発明による情報処理装置の実施例であり、CPU（中央処理装置）16-1、メモリ16-2、通信制御部16-3から成る複数のプロセッサユニット16が、バス又はネットワーク17で結合されている。

【0023】図2は、第1の発明による耐故障機構を模式的に示すものであり、プロセスの複製（副プロセス）を生成し、メッセージの送受信、プロセスの生成/消滅などを実現し全体を制御する機構1と、周期的に元のプロセスの状態と複製プロセスの状態を一致させるチェックポイント機構2と、メッセージの送信に際し、メッセージに一連の番号を付けるとともに、次のチェックポイントまで、送信メッセージとその一連番号を保存するとともに、要求に応じて保存メッセージの再送を行なうメッセージ送信主プロセス付帯機構3と、一連番号付きメッセージを受信した際、受信したメッセージの一連番号の確認を行ない、前回受信したメッセージの一連番号に対して不連続である時、先行して受信すべきメッセージの再送要求を行なうメッセージ受信主プロセス付帯機構4と、一連番号付きメッセージを受信した際、受信した一連番号付きメッセージをキューに保持し、回復指示により、必要に応じて、キューから得られるメッセージを受信メッセージとしながら、プロセスの処理を進め、キュー内の一連番号付きメッセージに番号の抜けを発見すると、メッセージ送信プロセスに当該メッセージの再送を要求するメッセージ受信副プロセス付帯機構5と、一連番号付きメッセージを受信した際、受信したメッセージの一連番号の確認を行ない、前回受信したメッセージの一連番号と連続ならば、受けたメッセージの計数を行ない、不連続ならば、本来受信しているはずのメッセージの数を受けたメッセージの計数とすると同時に、メッセージ自身は破棄し、また、回復指示により、プロセスの処理を進め、メッセージ送信処理時に、当該計数回まで、実際のメッセージ送信を行なわずに、処理をスキップするメッセージ送信副プロセス付帯機構6とから構成されている。

【0024】以下、上述の情報処理装置におけるプロセス回復動作について図2及び図3を参照して説明する。

【0025】メッセージを送信するメッセージ送信主プロセスSP及び受信するメッセージ受信主プロセスRPを、アプリケーションプロセスとして生成するように、外部から全体制御機構1に要求が行なわれると、全体制御機構1は、当該プロセスSP、RPを生成すると同時

6

に、メッセージ送信副プロセスSB、メッセージ受信副プロセスRBも生成する。この際、メッセージ送信主プロセスSP、メッセージ受信主プロセスRP、メッセージ受信副プロセスRB、メッセージ送信副プロセスSBには、全体制御機構1によって、各々、メッセージ送信主プロセス付帯機構3、メッセージ受信主プロセス付帯機構4、メッセージ受信副プロセス付帯機構5、メッセージ送信副プロセス付帯機構6が設けられる。これらの各付帯機構の詳細については後述する。

10 【0026】全体制御機構1は、メッセージ送信又は受信主プロセスが動作するプロセッサ（図示せず）に障害が発生すると、メッセージ送信副プロセス付帯機構6及びメッセージ受信副プロセス付帯機構5にプロセスの回復指示を行なう。また、メッセージ送信又は受信副プロセスが動作するプロセッサ（図示せず）に障害が発生すると、その時点のメッセージ送信主プロセスSP/メッセージ受信主プロセスRPの状態を用いて、メッセージ送信副プロセスSB/メッセージ受信副プロセスRBの再生成を行なう。

20 【0027】チェックポイント機構2は、全体制御機構1によって、適当に設定された周期毎にメッセージ送信主プロセスSPの状態と、メッセージ送信副プロセスSBの状態を一致させるとともに、メッセージ受信主プロセスRPの状態と、メッセージ受信副プロセスRBの状態を一致させる。このプロセスの状態を一致させる時点をチェックポイントと称する。この時、メッセージ送信主プロセス付帯機構3、メッセージ受信主プロセス付帯機構4、メッセージ受信副プロセス付帯機構5、メッセージ送信副プロセス付帯機構6の各々も、全体制御機構1を通じて、初期化される。

30 【0028】メッセージ送信主プロセス付帯機構3の動作について図3～図5を参照して説明する。

【0029】メッセージ送信主プロセスSPが、メッセージを送信しようとする時、図4に示すメッセージ送信主プロセス付帯機構3の一連番号付加手段3aにより、当該メッセージに一連番号1, 2, 3, ... が付加されて（図5、ステップ101）、全体制御機構1を介して、メッセージ送信副プロセスSB、メッセージ受信主プロセスRP、メッセージ受信副プロセスRBの三者に送信される（ステップ103）と同時に、一連番号付き送信メッセージ記憶手段3bにより、一連番号付きメッセージm₁, m₂, m₃, ... が次のチェックポイントまで保存される（ステップ102）。

【0030】また、メッセージ送信主プロセス付帯機構3の一連番号付き送信メッセージ送信/再送手段3cは、全体制御機構1を介して行なわれる要求に応じて、保存している一連番号付きメッセージの再送を行なう（ステップ104, 103）。なお、各手段3a, 3b, 3cの動作は、制御部3dにより制御される。

50 【0031】メッセージ受信主プロセス付帯機構4の動

作について図6及び図7を参照して説明する。

【0032】全体制御機構1を介してメッセージが、メッセージ受信主プロセスRPに送られると、図6に示すメッセージ受信主プロセス付帯機構4の受信メッセージ一連番号比較確認手段4bによって、受信メッセージの一連番号が、既受信メッセージ一連番号保持手段4aに保持されている(ステップ201)前回受信したメッセージの一連番号と比較され(ステップ202)、連続性が確認されなければ(ステップ203)、メッセージ再送要求手段4cにより全体制御機構1を介して、今回受けるべきメッセージの再送信を、メッセージ送信主プロセスSPに要求する(ステップ204)。もし、連続性が確認されると(ステップ203)、受信メッセージの一連番号を新しい既受信メッセージの一連番号とするとともに(ステップ205)、メッセージ受信主プロセスRPのメッセージ処理が行なわれる(ステップ206)。なお、各手段4a、4b、4cの動作は、制御部4dにより制御される。

【0033】メッセージ受信副プロセス付帯機構4の動作について図8及び図9を参照して説明する。

【0034】全体制御機構1を介してメッセージが、メッセージ受信副プロセスRBに送られると、メッセージ受信副プロセス付帯機構5によって、同機構5内に設けられたキュー、すなわち、図8に示す一連番号付き受信メッセージ記憶手段5a内に、当該メッセージを保存する(ステップ301)。

【0035】メッセージ受信副プロセス付帯機構5は、メッセージ受信主プロセスRPの障害に基づくメッセージ受信プロセスの回復処理を、全体制御機構1に指示されると(ステップ302)、メッセージ受信プロセス回復手段5cは、メッセージ受信副プロセスRBに処理を進めさせるとともに(ステップ303)、メッセージ受信処理においてはキューに保存されたメッセージを受信メッセージとして用いて、プロセスの回復処理を図る(ステップ304)。この時、キューから取り出した、メッセージの一連番号に不連続性が存在すると(ステップ305)、不連続番号メッセージ再送要求手段5bにより、該欠損番号のメッセージの再送要求を、全体制御機構1を介して、メッセージ送信主プロセスSPに行ない(ステップ306)、受信されたメッセージ(ステップ307)によって処理の継続を行なう。なお、各手段5a、5b、5cの動作は、制御部5dにより制御される。

【0036】プロセスの回復処理が終了すると(ステップ308)、全体制御機構1により、このメッセージ受信副プロセスRBが、メッセージ受信主プロセス付帯機構4を設けられたメッセージ受信主プロセスとなり、障害発生後の処理を引き継いで実行する。

【0037】メッセージ送信副プロセス付帯機構6の動作について図10及び図11を参照して説明する。

【0038】全体制御機構1を介してメッセージが、メッセージ送信副プロセスSBに送られると、図10に示すメッセージ送信副プロセス付帯機構6の受信メッセージ一連番号比較/確認手段6bによって、受信メッセージの一連番号が、既受信メッセージ一連番号保持手段6aに保持されている(ステップ401)前回受信したメッセージの一連番号と比較され(ステップ402)、連続性が確認されなければ(ステップ403)、今回受信したメッセージの一連番号から、本来受信しているはずの受信メッセージ計数の設定を行なう(ステップ404)。すなわち、現在の受信メッセージ計数に今回受信したメッセージの一連番号を加え、前回受信したメッセージの一連番号を減じる処理を行う。たとえば、一連番号が101番、102番と2回メッセージを受信したのち104番を受信したとすると、 $2 + 104 - 102 = 4$ となる。したがって、本来受信しているはずの受信メッセージ計数を4とする。もし、連続性が確認されると(ステップ403)、受信メッセージ計数に1を加える(ステップ405)。そして今回受信したメッセージの一連番号を新しい既受信メッセージの一連番号とする(ステップ406)。

【0039】メッセージ送信副プロセス付帯機構6は、メッセージ送信主プロセスSPの障害に基づく、メッセージ送信プロセスの回復処理を、全体制御機構1に指示されると(ステップ407)、メッセージ送信プロセス回復手段6cは、メッセージ送信副プロセスSBに処理を進めさせるとともに(ステップ408)、メッセージ送信処理においては、受信メッセージ計数回、実際のメッセージ送信動作をスキップすることで、プロセスの回復処理を図る(ステップ409)。なお、各手段6a、6b、6cの動作は、制御部6dにより制御される。

【0040】プロセスの回復処理が終了すると(ステップ410)、全体制御機構1により、このメッセージ送信副プロセスSBが、メッセージ送信主プロセス付帯機構3を設けられたメッセージ送信主プロセスとなり、障害発生後の処理を引き継いで実行する。

【0041】以上述べたように、図2に示す第1の発明の実施例においては、主プロセッサから送信されるメッセージに一連番号を付し、受信側ではこの一連番号の連続性を確認しながらプロセスの回復処理を行っているので、高速ネットワークや複雑なプロトコルを使用することなく、簡単にアトミック性を維持できる。

【0042】次に、第2の発明の実施例について図12を参照して説明する。

【0043】図12に示す情報処理装置は、通常の計算処理すなわち主プロセスを司る主プロセッサ11と、この主プロセッサ11と並列的に動作しており主プロセッサ11の故障時に計算処理を引き継ぐ副プロセッサ12と、各プロセッサ11、12などからの故障信号に対応して、計算処理を主プロセッサ11から副プロセッサ1

2に切替え制御する演算系制御装置13と、外部処理装置14と演算処理装置11、12の間に設けられ、通常時、外部処理装置14と主プロセッサ11の相互応答は正確に媒介し、副プロセッサ12に関しては、実際の処理影響を外部処理装置14には与えず、主プロセッサ11が外部処理装置14と行なった処理内容と等価な内容を与え、主プロセッサ11の故障時、主プロセッサ11の影響を外部処理装置14に媒介せず、専ら外部処理装置14と副プロセッサ12と相互応答させる疑似外部処理装置15とから構成されている。

【0044】上記プロセッサ11、12は故障検知機構11a、12a及び自己診断機構11b、12bを備えており、自己診断機構11b、12bは、故障検知機構11a、12aからの故障信号或いは疑似外部処理装置15からの故障信号により自己診断を開始し、自己診断の結果を演算系制御装置13に与える。演算系制御装置13は自己診断の結果に基づいて疑似外部処理装置15において演算系の切り替えを行い、更に、必要であれば外部に警告を発する。

【0045】上記疑似外部処理装置15は、図13に示すように、主プロセッサ11から外部処理装置14への出力内容が記録される出力バッファキュー15-1及び外部処理装置14から主プロセッサ11への入力内容が記録される入力バッファキュー15-2と、これらのバッファキュー15-1、15-2の動作を制御する制御部15-3と、副プロセッサ12からの要求内容が格納される一時メモリ15-4と、出力バッファキュー15-1と一時メモリ15-4との内容を比較する比較器15-5と、主プロセッサ11からの出力或いは副プロセッサ12からの出力を選択的に外部処理装置14へ供給する第1スイッチ15-6と、入力バッファキュー15-2の出力或いは外部処理装置14の出力を選択的に副プロセッサ12に供給する第2スイッチ15-7とから構成されている。

【0046】次に、上述の情報処理装置におけるプロセス回復動作について説明する。

【0047】通常動作状態においては、制御部15-3からの指示により、第1スイッチ15-6は主プロセッサ11側に切り替えられ、第2スイッチは入力バッファキュー15-2側に切り替えられている。

【0048】この状態においては、疑似外部処理装置15により、外部処理装置14と主プロセッサ11の相互応答は直接的に実行され、外部処理装置14から主プロセッサ11への入力内容と、主プロセッサ11から外部処理装置14への出力内容が、疑似外部処理装置15の内部に設けられた入力バッファキュー15-2と出力バッファキュー15-1とに記録される。

【0049】主プロセッサ11が外部処理装置14への出力を要求するのに伴い、副プロセッサ12が外部処理装置14への出力を要求した時は、出力バッファキュー

15-1を参照して、記録内容があれば、記録されている主プロセッサ11から外部処理装置14への出力内容と、一時メモリ15-4内の要求された出力内容とを比較器15-5で比較して比較結果を制御部15-3に送り、一致した場合には、制御部15-3からの指示に基づき出力バッファキュー15-1から当該内容を削除し、不一致ならば、制御部15-3から演算系制御装置13へ故障信号を送出する。

【0050】なお、上述の故障検出の際には、主プロセッサ11と副プロセッサ12のどちらが故障しているかの特定は、各プロセッサ11、12に内蔵されている自己診断機構で行われる。

【0051】また、出力バッファキュー15-1を参照して、記録内容がなければ、副プロセッサ12の要求内容を一時メモリ15-4に置き、主プロセッサ11から外部処理装置14への出力要求が行なわれて出力バッファキュー15-1に当該内容が取り込まれるのを待つて、前記比較処理以降の処理を行なう。

【0052】外部処理装置14からの入力は、入力バッファキュー15-2を介して、副プロセッサ12に取り込まれる。

【0053】上述したように主プロセッサ11においては内蔵された故障検知機構11aにより故障の有無が検出されており、故障が検出されたときには故障信号が演算系制御装置13に供給され、演算系制御装置13は疑似外部処理装置15に演算系切り替えのための制御信号を与える。

【0054】主プロセッサ11の故障時には、疑似外部処理装置15においては、演算系制御装置13からの制御信号に基づいて、制御部15-3からの指示により第1スイッチ15-6は副プロセッサ12側、第2スイッチ15-7は外部処理装置14側に切り替えられ、主プロセッサ11から外部処理装置14への出力を抑止し、副プロセッサ12の入出力を、外部処理装置14と直接的に実行させる。

【0055】また、副プロセッサ12において、内蔵された故障検知機構12aにより故障が検出されたときには動作状態は変化しないが、演算系制御装置13により外部に警告が発せられる。

【0056】

【発明の効果】以上に述べたように、第1の発明においては、主プロセッサから送信されるメッセージに一連番号を付し、受信側ではこの一連番号の連続性を確認しながらプロセスの回復処理を行っているので、高速ネットワークや複雑なプロトコルを使用することなく、簡単にアトミック性を維持でき、耐故障機構を有する情報処理装置を簡単な構成で低廉に実現することができる。

【0057】また、第2の発明においては、主演算系及び副演算系と外部処理装置との間の入出力にバッファを設け、副演算系による外部処理装置との間の入出力を擬

似的に取り行うことで主演算演算系と副演算系の間で実行の同期をとる必要がなくなり、簡単な構成で主演算系と同一実行状態を保持するよう副演算系の実行が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 第1の発明による情報処理装置の実施例を示す図である。

【図2】 第1の発明の耐故障機構の実施例を示す概略構成図である。

【図3】 図1に示す情報処理装置におけるメッセージの送信を示す説明図である。

【図4】 メッセージ送信主プロセス付帯機構の説明図である。

【図5】 メッセージ送信主プロセス付帯機構の処理を示すフローチャートである。

【図6】 メッセージ受信主プロセス付帯機構の説明図である。

【図7】 メッセージ受信主プロセス付帯機構の処理を示すフローチャートである。

【図8】 メッセージ受信副プロセス付帯機構の説明図である。

【図9】 メッセージ受信副プロセス付帯機構の処理を示すフローチャートである。

【図10】 メッセージ送信副プロセス付帯機構の説明図である。

【図11】 メッセージ送信副プロセス付帯機構の処理を示すフローチャートである。

【図12】 第2の発明の耐故障機構を有する情報処理装置の実施例を示す概略構成図である。

【図13】 図11に示す情報処理装置において使用される疑似外部処理装置の内部構成を示すブロック図である。

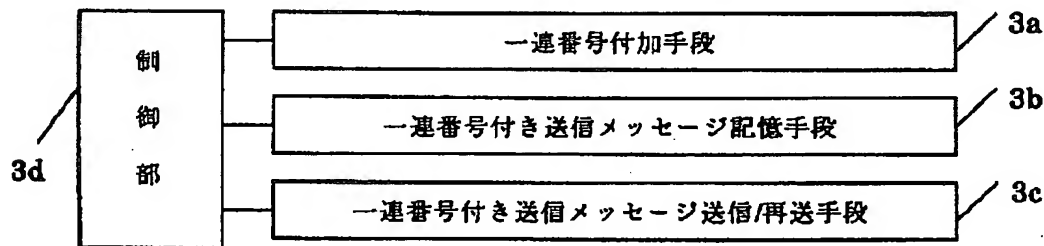
【図14】 プロセスペアバックアップ手法を示す説明図である。

【符号の説明】

1 全体制御機構、2 チェックポイント機構、3 メッセージ送信主プロセス付帯機構、4 メッセージ受信主プロセス付帯機構、5 メッセージ受信副プロセス付帯機構、6 メッセージ送信副プロセス付帯機構、11 主プロセッサ、12 副プロセッサ、13 演算系制御装置、14 外部処理装置、15 疑似外部処理装置、15-1 出力バッファキュー、15-2 入力バッファキュー、15-3 制御部、15-4 一時メモリ、15-5 比較器、15-6 第1スイッチ、15-7 第2スイッチ、16 プロセッサユニット、16-1 CPU、16-2 メモリ、16-3 通信制御部、17 バス又はネットワーク、SP メッセージ送信主プロセス、SB メッセージ送信副プロセス、RP メッセージ受信主プロセス、RB メッセージ受信副プロセス、m メッセージ

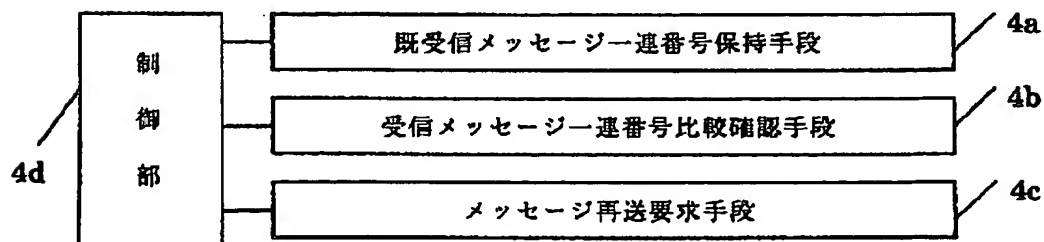
【図4】

3 メッセージ送信主プロセス付帯機構

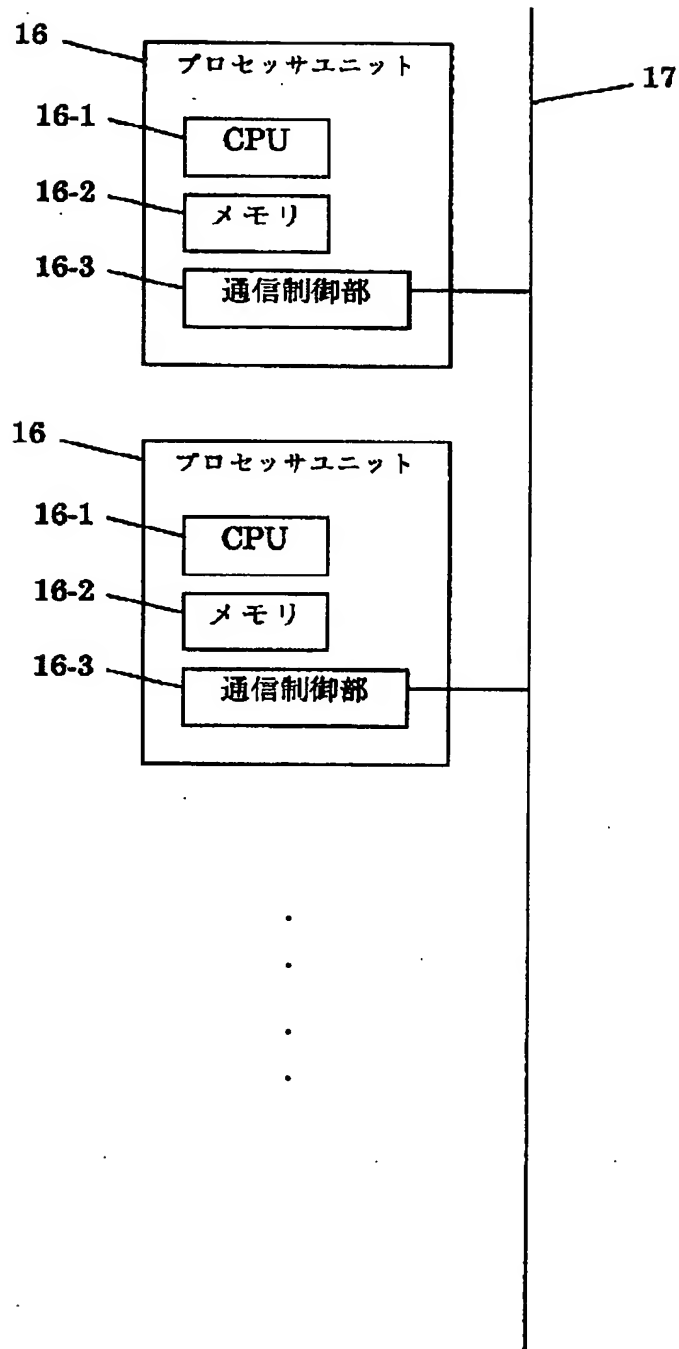


【図6】

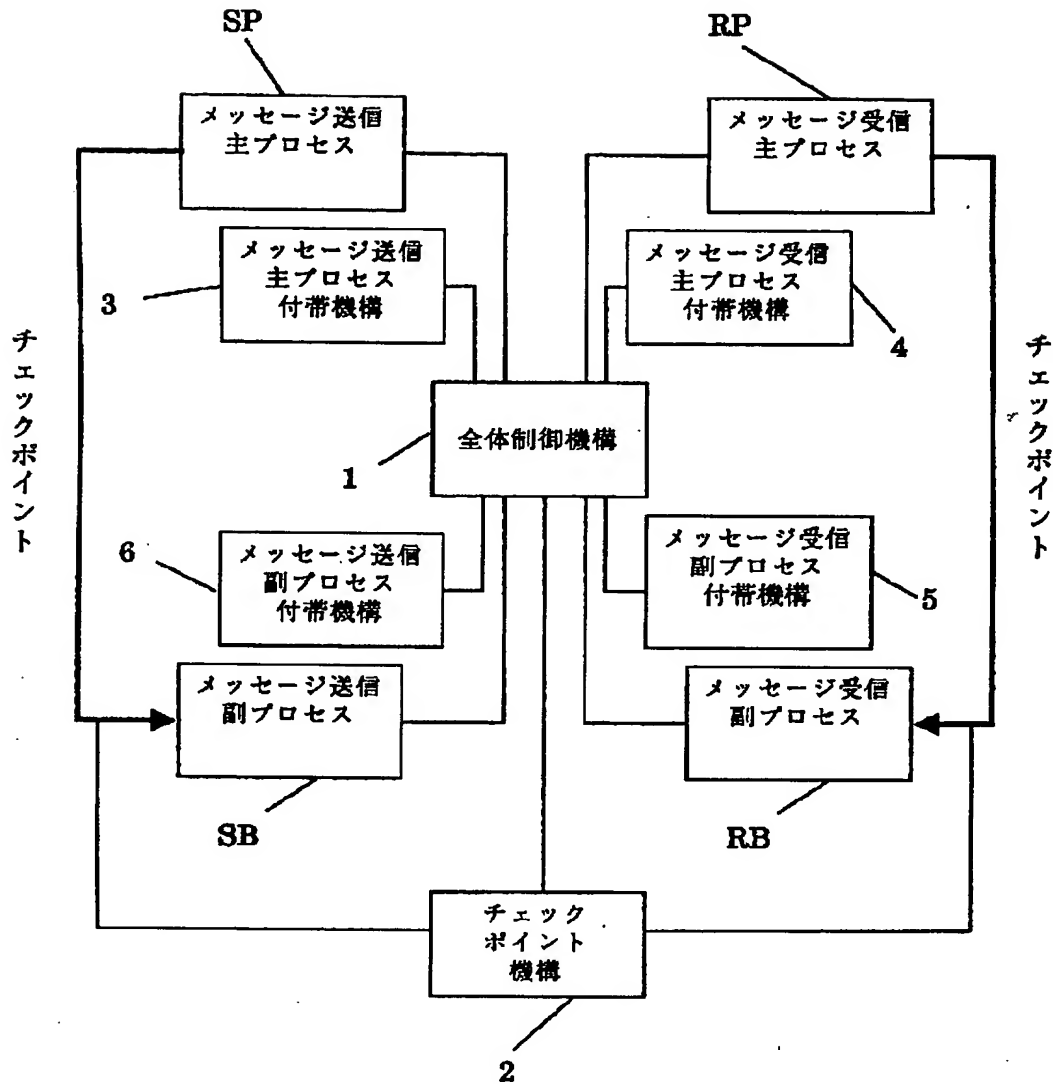
4 メッセージ受信主プロセス付帯機構



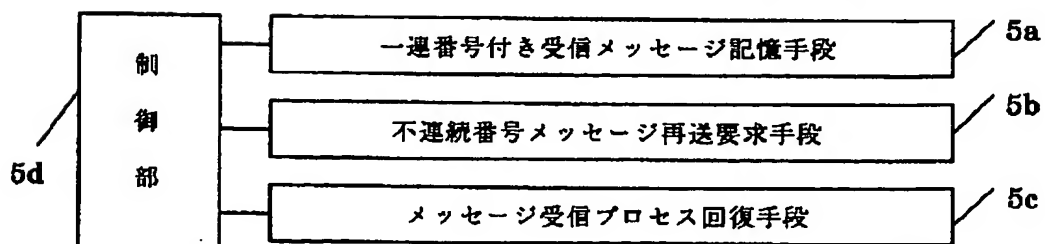
・【図1】



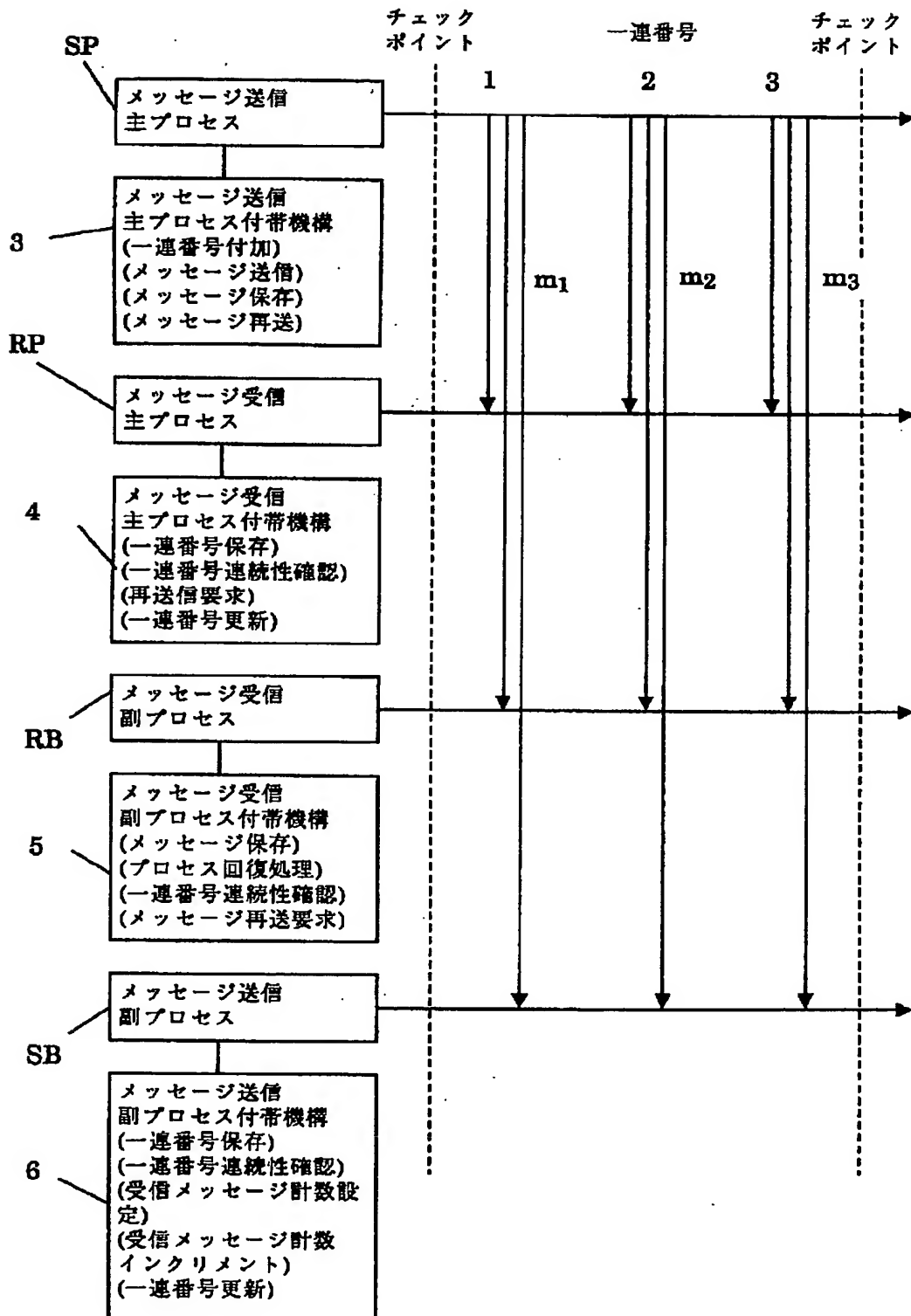
【図2】



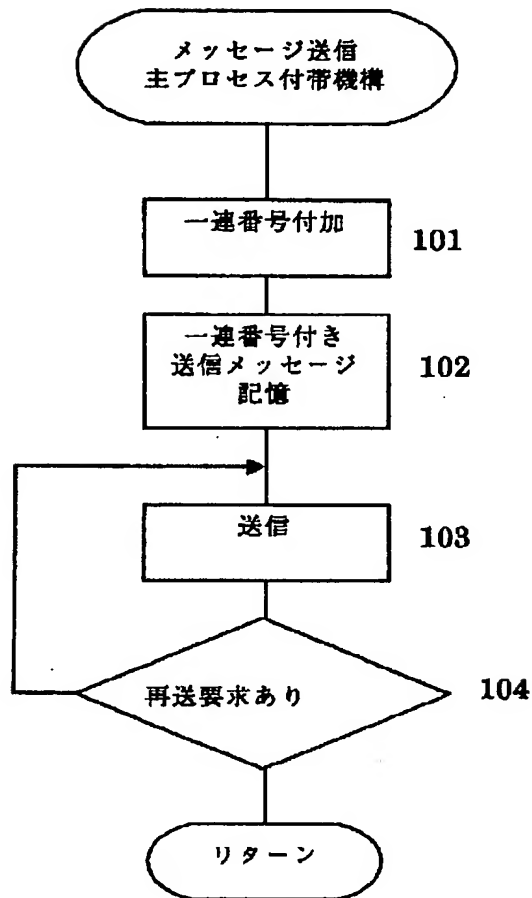
【図8】

5 メッセージ受信副プロセス付帯機構

【図3】

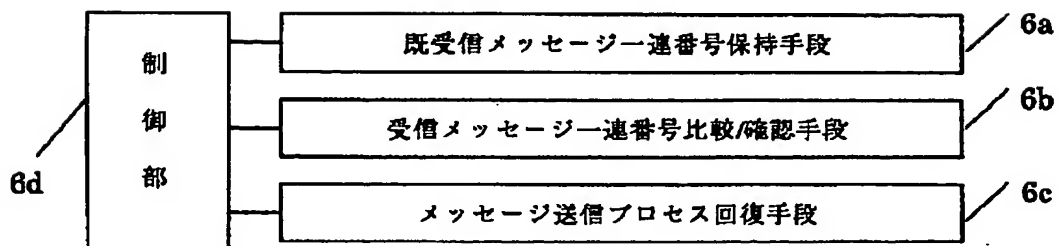


【図5】

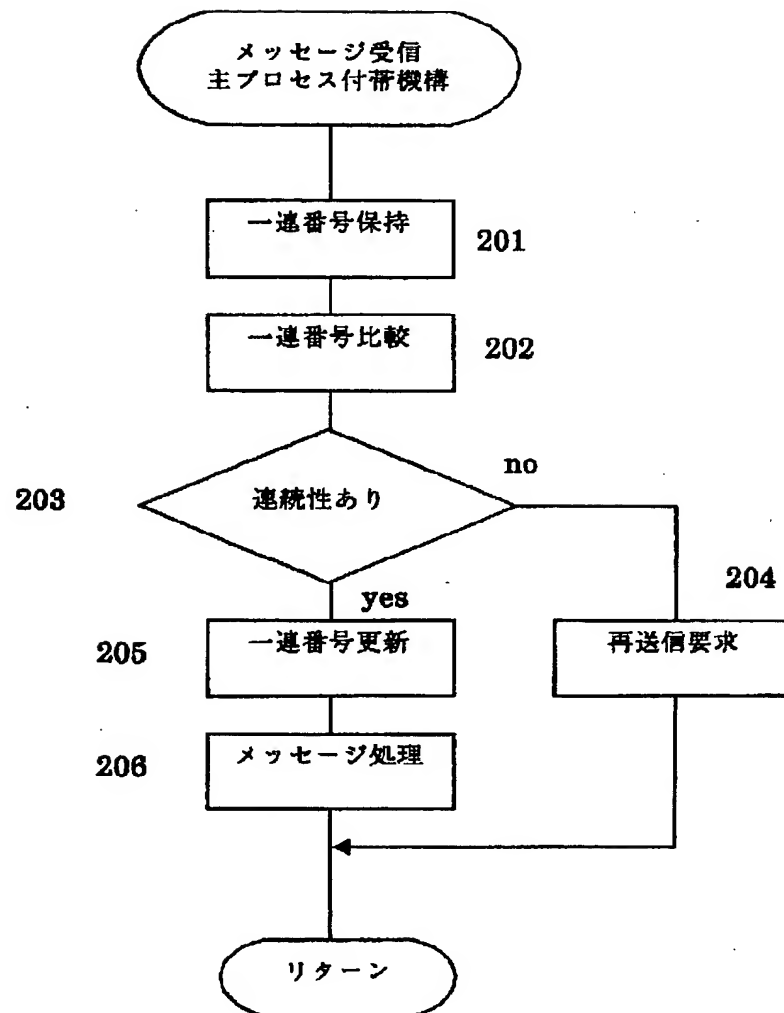


【図10】

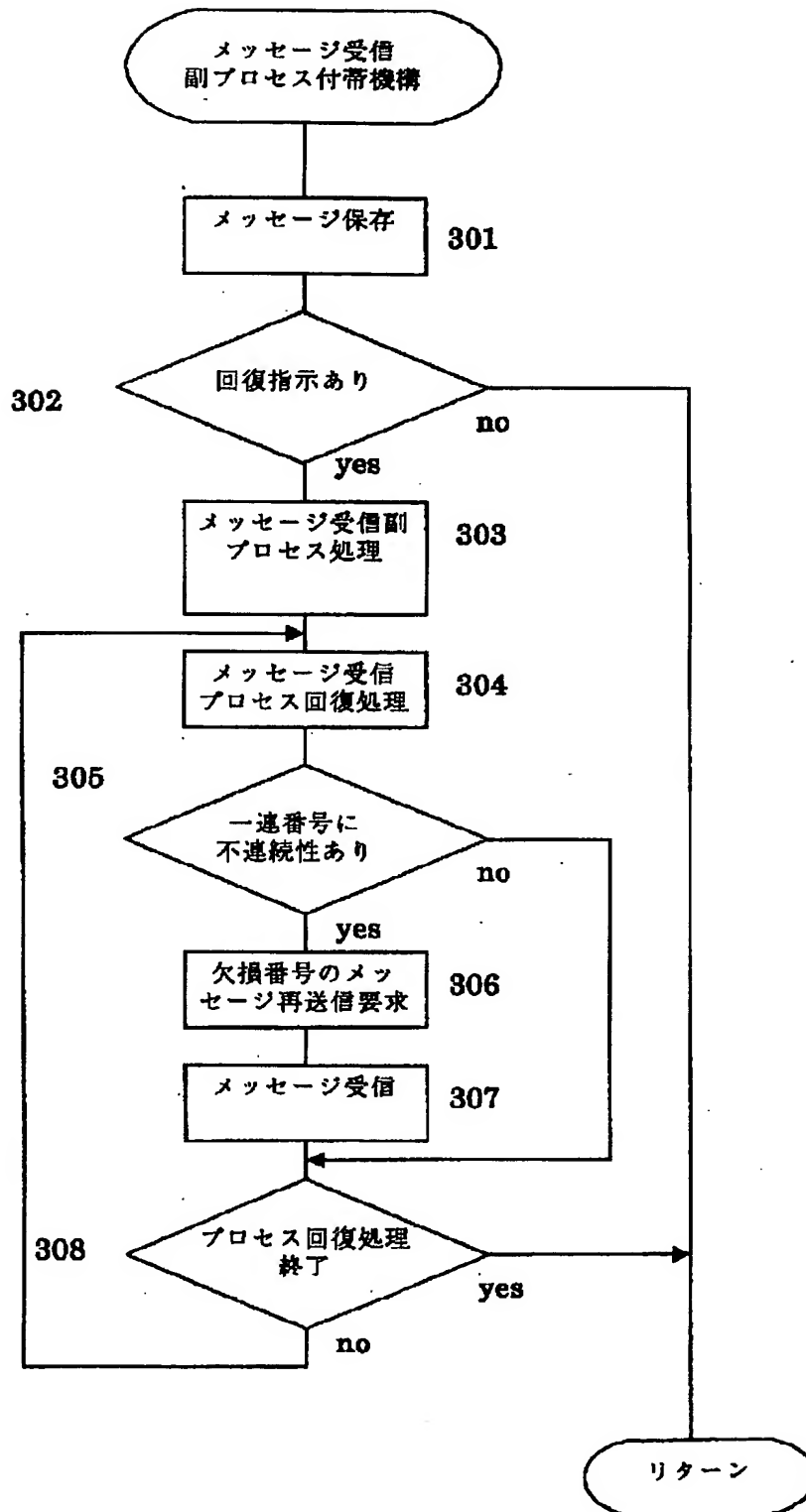
6 メッセージ送信副プロセス付帯機構



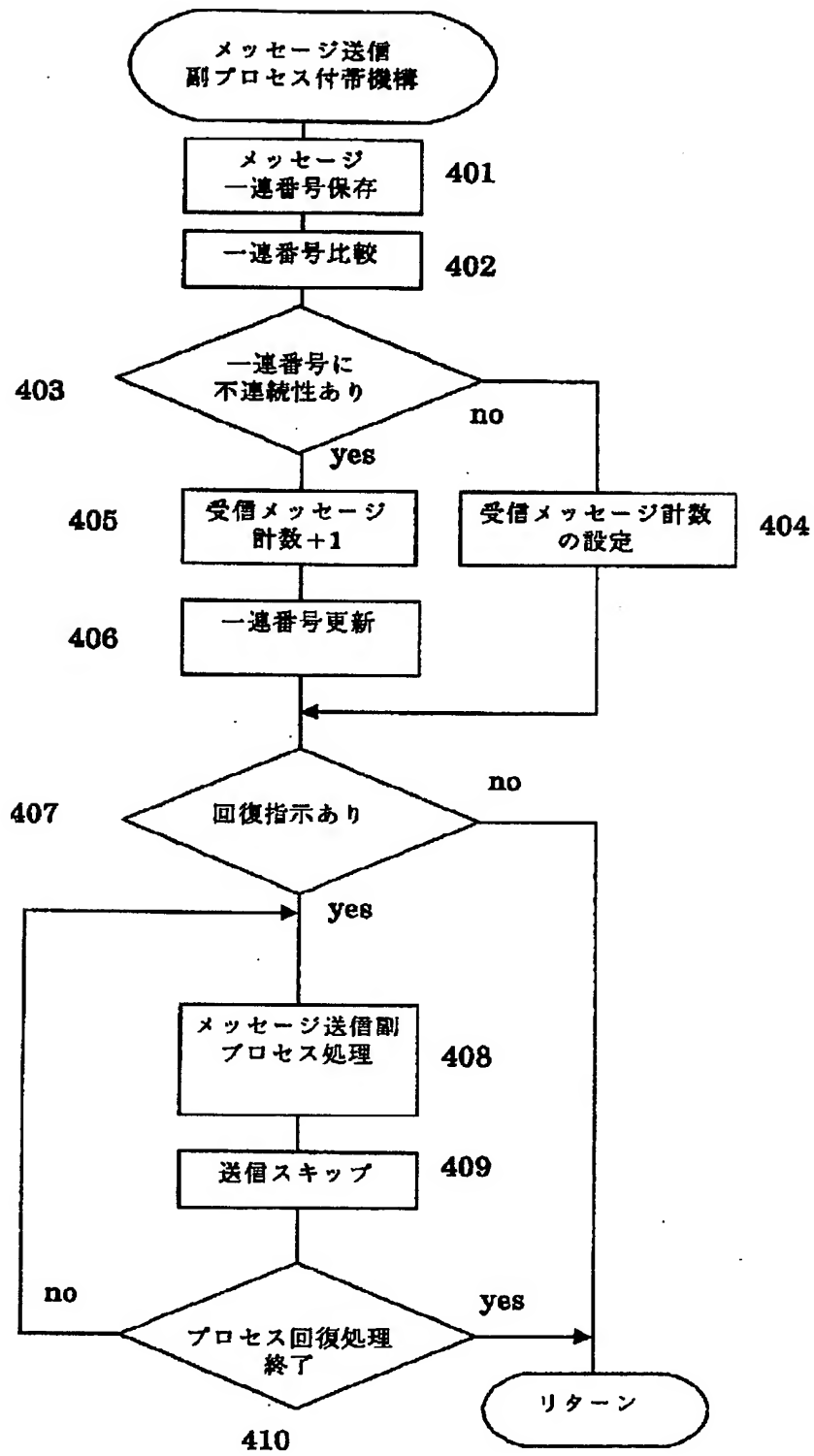
【図 7】



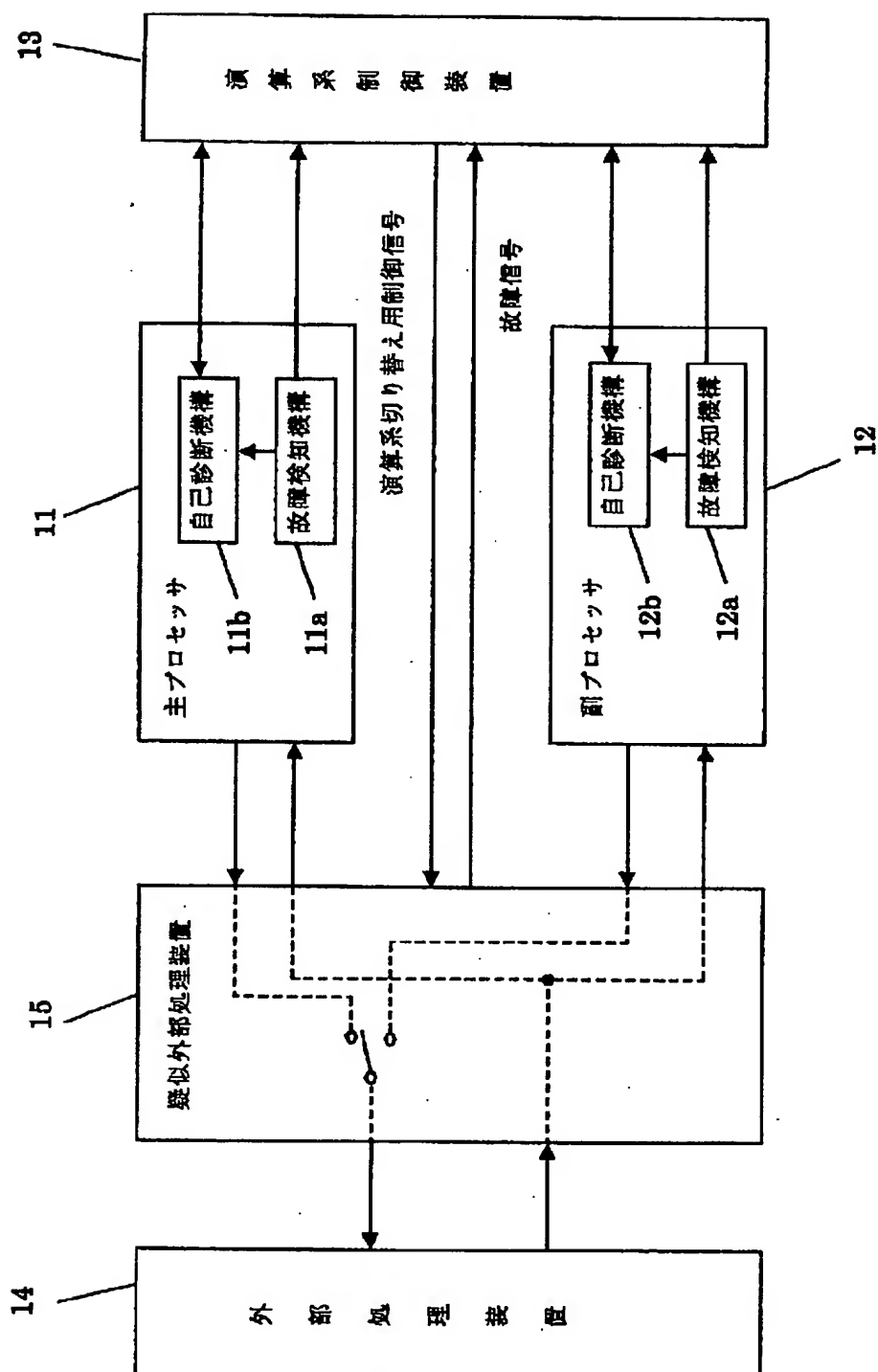
【図 9】



【図11】

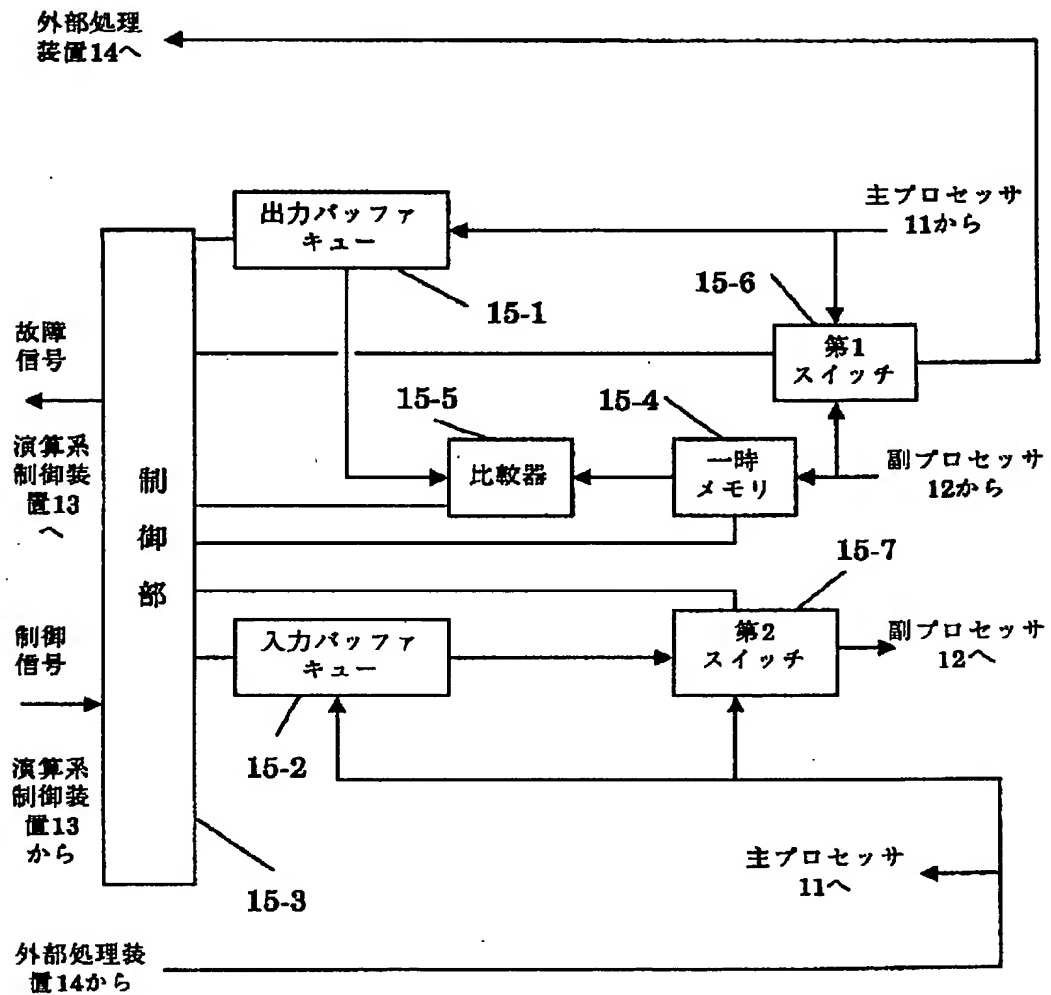


【図12】

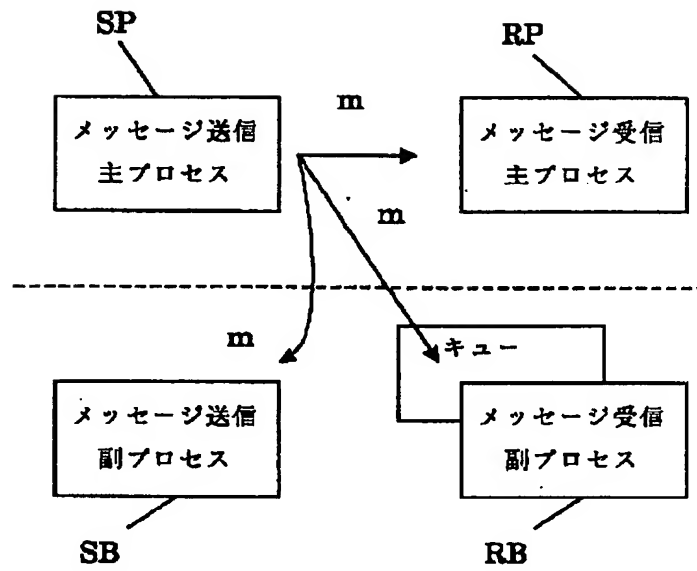


・【図13】

15 疑似外部処理装置



【図 14】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.